



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Р. Македонија

IX^{TO} СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
Технологија на подземна и површинска експлоатација на
минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '16

Струмица
11 – 13. 11. 2016 год.

ПАРАМЕТРИ ЗА ИЗБОР НА ЈАГЛЕНОВО НАОЃАЛИШТЕ ПОГОДНО ЗА ПОДЗЕМНА ГАСИФИКАЦИЈА НА ЈАГЛЕНИ

**Радмила Каранакова Стефановска¹, Зоран Панов¹,
Ристо Поповски¹, Ристо Дамбов¹**

*¹Универзитет “Гоце Делчев”, Факултет за природни и технички науки,
Штип, Р. Македонија*

Апстракт: Изборот на јагленово наоѓалиште погодно за подземна гасификација на јаглен (ПГЈ) зависи од голем број на параметри поврзани со јагленот, слоевите на јаглен, водните услови и површинските објекти. Од нив, секако најважни се јагленовиот ранг, дебелината и длабочината на слојот, типот на покривните и основните слоеви, пропустливоста и порозноста на јагленот и околните слоеви, геолошките карактеристики како што се структурно – тектонските карактеристики, нивото на подземни води и нивниот хемиски состав како и блискоста со површинската инфраструктура.

Клучни зборови: експлоатација на јаглени, екологија, подземна гасификација на јаглени

PARAMETERS FOR SELECTION OF COAL DEPOSIT SUITABLE FOR UNDERGROUND COAL GASIFICATION

**Radmila Karanakova Stefanovska¹, Zoran Panov¹,
Risto Popovski¹, Risto Dambov¹**

¹University “Goce Delcev”, Faculty of natural and technical sciences, Stip, R. Macedonia

Abstract: Underground coal gasification site selection depends upon a number of parameters related to coal, strata, water conditions and surface facilities. Of these, certainly the most important are coal rank, seam thickness and depth, type of overlying and underlying strata, permeability and porosity of coal and strata, geological features such as structural – tectonics characteristics, location of potable aquifers and their composition and closeness to surface infrastructure.

Key words: coal exploitation, ecology, underground coal gasification

1. ВОВЕД

Подземната гасификација на јаглени како нова технологија има потенцијал за искористување на енергијата од длабоките, релативно тенки, понекалтитетни и “не експлоатабилни” со класичните методи на експлоатација, јагленови слоеви. При тоа во голема мера со ПГЈ се зголемува искористеноста на “вонбилнастите” резерви на јаглен.

Економските ефекти на примената на оваа технологија се постигнуваат пред се со вистинскиот избор на локација на отворање. Еден од главните фактори кои придонесоа за неуспехот на пробните тестирања на Подземната гасификација на јаглен, во Ное Creek и округот Carbon County, Вајоминг, САД, беше токму лошиот избор на локација [Clean Air Task Force 2009]. Освен овие негативни економски ефекти, овие проекти резултираа и со дополнителна контаминација на подземните води па дури и сериозно го попречија понатамошниот развој на оваа технологија во САД. Како и да е, Одделот за Енергија на САД (DOE - Department of Energy) ги финансираше пилот истражувањата во 70-тите и 80-тите години на минатиот век. Лошите аспекти од примената на оваа технологија врз животната средина пред се од аспект на “погрешниот” избор на локација и лошата контрола на процесот, го спречи понатамошното финансирање. Со ова настана релативен застој во прогресот на истражувања на ПГЈ технологиите.

2. ПАРАМЕТРИ НА ИЗБОР НА ЈАГЛЕНОВО НАОЃАЛИШТЕ

Досегашните истражувања направени во областа на ПГЈ покажаа дека големиот број на пилот проекти и испитувања биле спроведени речиси на сите типови на јаглен (од лигнит до антрацит), на различни длабочини, на слоеви со различна литологија, потоа најразлични геолошки и хидрогеолошки услови. Успехот бил од целосно незадоволителен до целосно прифатлив.

При овие испитувања, се издвоени следните параметри како кардинални при избор на соодветно јагленово лежиште погодно за подземна гасификација:

- 1) Тип на јаглен
- 2) Дебелина на слој
- 3) Длабочина на слој
- 4) Паден агол (залегнување)
- 5) Структура на јагленовиот слој и кровината
- 6) Состав на јагленот
- 7) Пропустливост и порозност
- 8) Ниво на подземни води и содржина на влага на јагленовиот слој
- 9) Резерви на јаглен
- 10) Пристап и инфраструктура

Во продолжение дадени се појаснувања за некој од претходно наведените 10 параметри.

2.1. Тип на јаглен

Без разлика на типот на јаглен (од лигнит па се до антрацит), секој може да биде гасифициран. Ова се потврдува со гасификација со помош на т.н. површински гасификатори. Голем дел од јаглените се тестирани и со ПГЈ. Сепак, некои видови полесно, а некои многу потешко се гасифицираат.

На пример многу тешко се гасифицира коксот. Имено, по загревањето, во коксот се блокирани врските помеѓу изворите на вбризување и производство на гас, што може да резултира со намалена пропустливост и порозност на јагленот. Тестирања на антрацит и семиантрацит досега се направени во

поранешниот Советски Сојуз и во Белгија. Сепак, резултатите не биле многу охрабрувачки.

Типовите на јаглен со послаб квалитет, особено лигнитот и суббитуменските типови, се препорачуваат за ПГЈ, бидејќи истите покажуваат тенденција на т.н. “намалување – просушување” на волуменот при загревање, што резултира со зголемена пропустливост и подобрување на врските помеѓу изворите за вбригување и производство на гас во новостворените пукнатини и шуплини.

Лигнитот се користи за гасификација, бидејќи во основа се наоѓа на релативно поплитки длабочини, лесно се самозапалливи и не формираат тврди остатоци од кокс, а се “помеки” со што се олеснува гасификацијата.

Камениот јаглен и особено антрацитот е премногу квалитетен и скап производ, Добивањето на гас од него, во основа би било скапа и нерентабилна операција. Но, ако условите за класична експлоатација на истиот не дозволуваат профитабилна експлоатација, тогаш би можело да се пристапи кон истражувања за негова можна подземна гасификација.

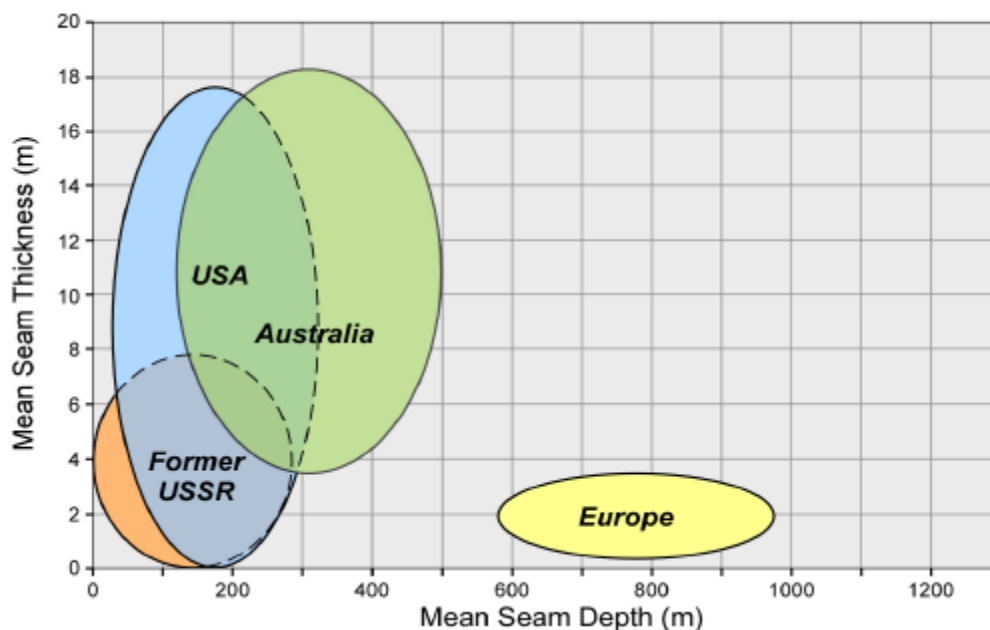
2.2. Дебелина на слој

Дебелината (моќноста) на јагленовиот слој е еден од најважните параметри при изборот на локацијата на отворање.

Во почетокот на истражувањата на ПГЈ се надсирала можноста од гасифицирање на многу тенки слоеви на јаглен, дури и на прослојци на јаглен од неколку 10 – ци цм. Како и да е, обсежните истражувања покажале дека ПГЈ надобри резултати покажува ако слојот е со моќност од најмалку 1 метар. Во бившиот Советски Сојуз се обиделе да гасифицираат и јаглени со помала моќност од 1 метар. Но иако, поквалитетни, поради малата дебелина, ослободените продукти од согорувањето, лесно го “заобиколуваат” слојот со јаглен и истиот секундарно го “горат” и јагленот а со тоа и добиениот SYNGAS. Слоеви на јаглен со моќност поголема од 2 метра бараат помалку дупчотини на единица површина.

Со тоа обезбедуваат подобри економски и еколошки предности. Во потенките слоеви, подината и кровината делува како топлински одвод, додека пак кај дебелите слоеви, целата површина е реактивна, со што нема услови за топлински одвод и целокупната топлина реагира на јагленот.

Истражувањата покажаа дека идеална моќност на јагленовиот слој е од 5 до 10 метри, а минимално 2 метри. Според руските истражувања, нема ограничување во дебелината на слојот. Но сепак, поради ослободените простори од согорениот јаглен се создаваат можни услови за подземни зарушувања и зарушување на празните простори а со тоа и прекин на ПГЈ.



Слика 1. Дебелина на слојот на јаглен погоден за ПГ во функција од длабочината на неговото појавување (Pana, C., 2009, [5])

Па така, заклучно би можело да се констатира дека можна примена на ПГЈ е на слоеви со моќност од 2 – 20 метри, а идеално од 5 – 10 метри.

Според Pana, 2009 [5] (Дијаграм на Слика 1) е дадена зависноста на дебелината на слојот на јаглен погоден за ПГ (подземна гасификација) од длабочината на појавувањето на јагленовиот слој, според истражувањата во светот.

2.3. Длабочина на слој

Длабочината на појавување на јагленовиот слој е исто така важен параметар при донесувањето на одлуката за можна експлоатација на јаглените со ПГ.

Врз основа на спроведените истражувања за ПГЈ направени на различни длабочини во Русија и САД, од 30 – 350 метри, како и во Европа, од 600 – 1200 метри, се добиени најразлични резултати кои не дале посигурен методолошки пристап кон одредувањето на оптималните интервали на длабочини на јаглени погодни за ПГ.

Според најновите истражувања, практичната длабочина е онаа на која постои можност да се постави функционална зависност помеѓу хидростатичкиот притисок во шуплината на реакторот (во јагленовиот слој) со потенцијалот на слегнување и нивото на подземни води.

Според Burton, E., Friedmann, J., et al., се препорачуваат најмалку 12 метри, како минимум потребна длабочина за јагленовиот слој. Оптималната длабочина започнува од најмалку 150 метри. Оваа длабочина е потребна за подобра контрола на операциите на подземната гасификација на јаглени.

Во поплатките слоеви (под 12 метри), се зголемува ризикот од истекување на гас и веројатноста за загадување на водите. Шуплината, при помали длабочини доведува до зголемување на потенцијалот за колапс и слегнување. Сепак, намалениот хидростатичен притисок при помалите длабочини, гарантира прилив на водата во празнината, со што се намалуваат шансите за

контаминација на водата поради одлив на контаминатори, под зголемен притисок во празнината.

Сепак, зголемениот притисок на поголеми длабочини има тенденција да ја намалува пропустливоста на јагленот а е отежната и врската помеѓу изворите за вбригување и производство. Дупчењето на поголеми длабочини може да ги зголеми оперативните трошоци,

Новите технологии овозможиа искористување на длабоките слоеви на јаглен, зголемена контрола врз притисокот на околните карпи, односно воспоставување на т.н. хидростатичка стабилност на реакторот во јагленот.

Во длабоките слоеви, температурата иако се зголемува сепак нема позначајни влијанија врз нормалното изведување на ПГЈ.

На крај може да се заклучи дека минималната длабочина на јаглените е 12 метри, а зоната на оптималност започнува на 150 метри длабочина на јагленов слој. Долната граница на оваа зона на оптималност оди до онаа длабина до која постои хидростатичка рамнотежа на реакторот во јагленовиот слој со околните карпи, односно границата на геомеханички лом и колапс на создадената празнина.

2.4. Паден агол

Падниот агол на јагленовиот слој не е ограничувачки фактор за подземна гасификација на. Според руските и американските истражувања дури и стрмни слоеви на јаглен со агол над 50°биле успешно користени за Подземна гасификација на јаглен. Бартон и сор. и Сури и сор., повеќе преферираат плиткы наклонети слоеви отколку стрмни слоеви.

2.5. Структура на јагленовиот слој и кровината

Ова се параметри кои бараат далеку посериозна обсервација. Цврста, нераспукана средина на јагленовиот слој дава можност за минимизирање на загуба на гас, потоа слегнувања и можни појави на шуплини и друг вид на механички деформации.

Истражувањата покажале, дека распукани јаглени понекогаш можат и релативно добро да се гасифицираат. Имено, ако врз нив постои компактна кровина, тогаш пукнатините во јагленовиот слој понекогаш ја зголемуваат ефикасноста на одржувањето на процесите на Подземна гасификација.

2.6. Состав на јагленот

Составот на јагленот е параметар кој најмногу е опсервиран. Имено, направени се голем број на истражувања во надворешни гасификатори во кој се анализирани можностите за гасификација на јаглени со најразлични состави. При тоа, анализите покажуваат дека јаглени со различен состав се различно способни за гасификација. На пример, јаглените кој во својот состав содржат пирит, полесно се гасифицираат бидејќи според т.н. пиритна теорија доаѓа до полесно нивно самазапалување.

2.7. Пропустливост и порозност

Пропустливоста на јагленот влијае во поврзувањето на изворите за вбригување и за производство на SYNGAS. Високо квалитетните јаглени, воглавно имаат ниска пропустливост. Пропустливоста исто така влијае и врз топлинската проводливост.

Пропустливоста на кровината е исто така важна пред се од еколошки аспект. Имено, водата од кровината може да навлезе во јагленовиот слој кој се гасифицира и да ги раствори штетните компоненти од согорената пепел. Исто така, можно е и пропуштање на гас, особено NO_x и SO_x гасови, кои ако се измешаат со површинските води би можеле да создадат услови за создавање на закиселена средина.

2.8. Ниво на подземни води и содржина на влага на јагленовиот слој

Количеството на вода присутна во слојот има многу интересно влијание. Имено, ако има многу вода, тогаш таа го гаси процесот на согорување на јагленот. А, ако ја нема во доволни количини, не би можела нормално да се изведува процесот на ПГЈ.

Во редуccionатa зона на реакторот, се случува реакција кога H₂O и CO₂ реагираат со искрите на јагленовиот слој и под висока температура се редуцираат до H₂ и CO.



Ова знаи дека присуството на вода е од корист за реакцијата. Водата може да ја зголеми количината на водород во составот на синтетичкиот гас. Второ, присуството на вода во слојот делува како ефикасно средство за гасовно запечатување. Односно, водата го спречува испуштањето на реактивни гасови и контаминанти надвор од реакторот во јагленовиот слој.

2.9. Резерви на јаглен

Ова е многу интересен параметар. Истиот за да се вклучи во изборот како параметар за одредување на можноста за гасификација на јагленово наоѓалиште мора да се разгледува од два аспекта, технички и економски.

На пример, според Шафирович и сор., за да се задоволи електрана базирана на ПГЈ, од 300 MW, со комбиниран циклус, со ефикасност од 50%, која треба да има работен век од 20 години, потребно е 75.6 милијарди m³ SYNGAS гас со топлинска вредност од 5.0 MJ/m³. Ова бара гасификација на јагленов депозит од околу 33 милиони тони.

2.10. Пристап и инфраструктура

Пристапот и постојната инфраструктура влијае пред се економски врз инвестиционото вложувања при отворањето на постројка за ПГЈ. Близината на патишта, железница или друг вид на сообраќајни комуникации, електроповрзување со енергетски систем.

2.11. Социо – економски параметри

Иако во основа многу автори ги исклучуваат, сепак би требало да ги споменеме и социо – економските карактеристики на поширокото подрачје каде ќе се гради постројката за ПГЈ.

Секоја нова технологија, бара не само одреден фонд на финансиски средства, технологии и знаења, туку пред се нов пристап и на општеството кон истата.

3. ГЕНЕРАЛИЗИРАЊЕ НА ВЛИЈАТЕЛНИ ПАРАМЕТИ

Врз основа на претходно наведените параметри за избор на јагленово наоѓалиште погодено за Подземна гасификација во наредната табела даден е нивни сублимат.

Ред. бр.	Параметар	Потребно
1	Тип на јаглен	Лигнити и нискокалорични јаглени
2	Дебелина на слој	по можност >1 m, идеално 5 -10 m
3	Длабочина на слој	> 12 m, идеално > 150 m
4	Паден агол	Нема ограничувања
5	Структура на јагленовиот слој и кровината	Не распукани, компактни јаглени и кровина
6	Состав на јагленот	Значајно од аспект на самозапалување, односно согорување, но и од еколошки аспект
7	Пропустливост и порозност	Што попропустлив слојот, толку полесно поврзувањето помеѓу изворот за вбригување и за производство, што попропустлива е земјата толку поголеми шанси за излив на гас и други контаминации на околината
8	Ниво на подземни води и содржина на влага на јагленовиот слој	Нивото на вода да е испод реакторот (во јагленовиот слој). Потребна е влага за одвивање на процесот на ПГ
9	Резерви на јаглен	Зависно од искористување на гасот и профитабилноста
10	Пристап и инфраструктура	Патишта, струја и линии за пренос на енергија
11	Социо - економски	Структура на население. Обученост на кадри и сл.

4. ЗАКЛУЧОК

Овој труд во основа е само еден обид кон дефинирање и генерализирање на неколку кардинални фактори кои влијаат врз селекцијата на јагленовите наоѓалишта како потенцијални за примена на технологијата на ПГЈ.

Оваа технологија е сеуште нова и во развој. Во Светот, освен во истражувачка форма, веќе постои и комерцијално користење на оваа технологија. Дали

истата ќе се примени и развива, зависи пред се од економските параметри. Движењето на цената на енергенсите на пазарот, свеста кај луѓето и сл. Сведоци сме на се поголем притисок врз класична експлоатација на јаглени. Токму ПГЈ се наметнува како можна алтернатива за нив.

На крај, со овој труд не се селектирани сите параметри кои влијаат на изборот кое јаглено наоѓалиште е погодно за подземна гасификација. Но, сепак е направен обид да врз основа на светските искуства, но и направените истражувања во Македонија се синтетизира еден пристап кон нивна класификација. Се надеваме дека овој труд, ќе поттикне во понатамошно истражување кон дефинирање и селектирање на овие параметри.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Blinderman, M.S.; Anderson, B. Underground coal gasification for power generation: Efficiency and CO₂-emissions. ASME 2004 Power Conference, Paper No. POWER2004-52036, pp. 473-479
- [2] Blinderman, M.S.; Saulov, D.N.; Klimenko, A.Y. Forward and reverse combustion linking in underground coal gasification. Energy 2008, 33, pp. 446–454
- [3] Kuznetsov AA, Kapralov VK. UCG in Russia and prospects for electric power production in gas–electric complexes. In: International workshop on underground coal gasification, DTI conference centre, London, 1–2 October 2003
- [4] Friedmann, S. J. North America Prospects for UCG in a Carbon Constrained, Energy Secure World. Presented at the Twenty-Fifth Annual International Pittsburgh Coal Conference, Pittsburgh, PA, Sep 29-Oct 2, 2008; pp. 26-1
- [5] Pana, C., Review of Underground Coal Gasification with Reference to Alberta's Potential, in Alberta Geological Survey. 2009.
- [6] Yang, D, Sheng, Y and Green, M (2014) UCG: Where in the world? TCE The Chemical Engineer (872), 38-41, ISSN 0302-0797